

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## プリプラン型障害復旧方式の検討

藤井泰希, 宮崎啓二, 伊勢田衡平

(株)富士通研究所

〒211-8588 川崎市中原区上小田中 4-1-1

Tel: (044)-754-2635 E-mail: [yasuki@flab.fujitsu.co.jp](mailto:yasuki@flab.fujitsu.co.jp)

あらまし

近年の WDM 技術に基づく光ネットワークの成長により、伝送容量は飛躍的に増大した。一方、光ファイバの切断等の障害によるサービスへの影響も大きく、高速な障害復旧技術への期待も高まっている。また、効率的なネットワークリソースの使用が求められ、予備リソースの効率的な共有が可能なメッシュネットワークにおける障害復旧方式が有効と考えられる。本稿では、事前に予備経路の接続情報をノードに設定しておき、障害発生時にはフラッディングにより障害箇所情報を通知して切り替える高速な障害復旧方式を提案し、シミュレーションによる評価を行った。

キーワード 障害復旧、プリプラン、WDM

## A Study on Path Restoration Method Based on Pre-planned Configuration

Yasuki FUJII, Keiji MIYAZAKI and Kohei ISEDA

FUJITSU LABORATORIES LTD.

4-1-1 Kamikodanaka, Nakahara-ku, Kawasaki-shi 211-8588 JAPAN

Tel: +81-44-754-2635 E-mail: [miyazaki@flab.fujitsu.co.jp](mailto:miyazaki@flab.fujitsu.co.jp)

### Abstract

Photonic networks which is based on WDM technology grow larger today and transmission capacity becomes much larger than before. However, the much more services may be affected by the failure such as fiber cut. So fast restoration technology is required. And effective network resource usage is required, then restoration methods on mesh network in which spare resources can be shared effectively. This paper describes the fast restoration method that gives nodes the data for the alternative routes in advance, floods the failure information, and switches the failed paths to the alternative routes.

key words Restoration, Pre-plan, WDM

## 1. はじめに

近年のインターネットの成長に伴い、通信トラヒックは急激に増加する傾向にある。そのため、伝送速度の高速化や WDM(Wavelength Division Multiplexing)技術が導入され、伝送容量は飛躍的に増大した。一方、光ファイバの切断等の障害によるサービスへの影響も大きくなっている。そのため、障害時に正常な経路に迂回させてサービスを復旧する障害復旧技術の重要性はますます高まっている。

WDM 技術をベースとする光ネットワークは、point-to-point 伝送を行う WDM 多重化装置、リング型ネットワークを構成する光 ADM 装置、メッシュ型ネットワークを構成する光クロスコネクト装置等からなる[1]。WDM 多重化装置や光 ADM 装置では、従来の SDH 紙で用いられてきた 1+1 プロテクションやリングプロテクション技術により、高速な障害復旧を実現することが可能である。しかし、こうした技術は現用のリソースに対して 100% の予備リソースを必要とするため、コスト高の要因となる。一方、光クロスコネクト装置を用いたメッシュ型ネットワークでは、異なる障害に対して予備リンク

を効率よく共有することが可能なため、コストの削減が期待できる。しかしリンク障害やノード障害のような様々な障害のパターンに対して、障害パスを高速に復旧させるためには工夫が必要となる。光クロスコネクト装置は近々  $1000 \times 1000$  程度の規模のものが実現されると見られ、そうした場合には一本のリンク障害により数 100 パスが影響を受けると考えられる。これらを復旧させるために 1 ノードで必要なクロスコネクト数は、数 100 になる場合もあり、これを一つずつシリアルに切替えていたのでは、SDH 等の既存クライアントネットワークで提供されている 50ms 程度の高速な復旧を実現するのは困難だと考えられる。また各々の障害に対して各ノードで切替えるためには、各ノードに対してメッセージの転送が必要だが、メッセージ転送処理負荷をできるだけ減らすための工夫が必要である。また、リンク中の個別のファイバが切断された場合や、光アンプ故障等によるファイバ中の部分的な光チャネル障害の際には、正常なパスには影響を与えないように、障害パスだけ切替えるといった処理も必要となる。

従来の技術では、例えば障害が発生した場合に、

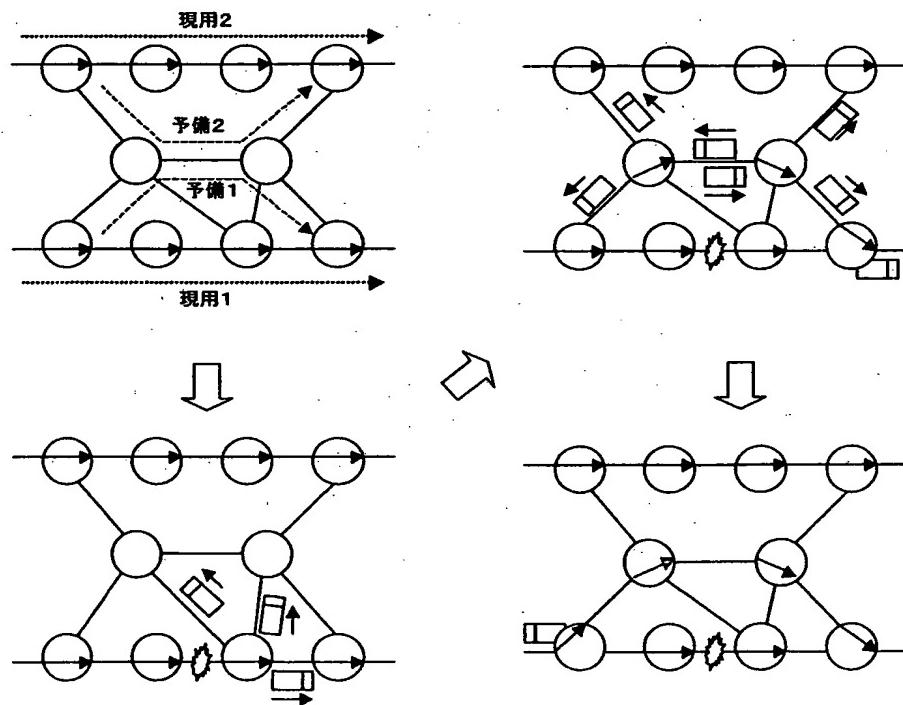


図 1 プリプラン型障害復旧例

動的に迂回経路を探索して切替える方法があった[2]。こうした方式はロバスト性に優れているが、復旧速度はやや劣っていた。本報告では、WDM ネットワークにおける高速な復旧を目的とし、事前に予備経路情報が設定されたノードに対し、フランディングにより高速に障害を通知・切替を行う障害復旧方式を提案する。

## 2. プリプラン型障害復旧方式

### 2. 1 概要

障害箇所に対してどう切替えるべきかという情報を、各ノードに対して障害前にあらかじめ与えておくプリプラン型の障害復旧方式を提案する。これにより迂回経路を動的に探索する時間を短縮することが可能となる。障害発生時には、信号断等により障害個所の隣接ノードで障害を検出する。障害検出ノードは障害箇所情報をフランディングにより各ノードに転送する。メッセージ転送は1度だけ行う事により、処理負荷が小さくなる。メッセージを受信したノードでは、予め与えられたプリプランの切替え情報をもとにまとめて切替えることができるため、高速な処理が期待できる。動作を図1に示し、以下に各処理について説明する。

### 2. 2 障害検出

ITU-T G.709[3]では光チャネルのフレームフォーマットが規定されようとしている。そこでは、SDH と同様な BIP によるビット誤り監視情報や FDI/BDI のような警報転送情報も規定されており障害の検出、警報情報の転送が可能となっている。各ノードでは、光チャネルの光入力断検出や閾値以上のビット誤り検出をトリガとして障害復旧処理を開始する。障害を検出したノードは、検出したノード番号やポート番号情報を含む障害復旧メッセージを隣接ノードにフランディングする。障害復旧メッセージ内には、障害検出ノード ID、障害リンク ID（またはポート ID）情報が含まれる。また同時に FDI/BDI 等の処理を行う。

### 2. 3 遷回経路中継点

ノードが障害復旧メッセージを受信した場合、以前に同じメッセージを受信していないければ、受信したリンクを除く全てのリンクに対してメッセージをフランディングする。

そして各パスの迂回経路の中継点として設定されたノードでは、迂回経路中継点用の接続情報に従いパスの接続を行う。迂回経路中継点用の接続情報の例を表1に示す。この情報は、現用パスを設定する際に NMS 等から 1 つの障害に対して複数の接続情報を定義する事により与えられる。

スイッチに対する接続コマンドは、できるだけまとめる処理が可能となる。スイッチにおいて、一括処理や並列処理がサポートされていれば、高速な処理が期待できる。

表1 遷回経路中継点用テーブル

障害箇所情報	接続情報
ノード1、リンク1	入力ポート/Ch11、出力ポート/Ch12、入力ポート/Ch13、…
ノード2、リンク2	入力ポート/Ch21、出力ポート/Ch22、入力ポート/Ch23、…
:	:

### 2. 4 遷回経路端点

各パスの迂回経路の端点にあたるノードにおいて、パスの信号断、パスの信号劣化、またはパスの FDI/BDI を検出した場合、かつ障害復旧メッセージを受信した場合に、該当するパスが迂回経路端点用のテーブルに登録されていれば、接続情報に従い、パスを接続する。これにより光源の故障等による一波長だけが故障した場合、他の故障していない波長を切り替えない事が可能となる。迂回経路端点用の接続情報例を表2に示す。この情報も同様に、現用パスを設定する際に NMS 等から与えられる。

表2迂回経路端点用テーブル

障害箇所・パス障害検出箇所情報	接続情報
ノード1、リンク1、ポート/Ch1	入力ポート/Ch2、出力ポート/Ch3
ノード2、リンク2、ポート/Ch2	入力ポート/Ch4、出力ポート/Ch5
:	:

## 2. 5 接続確認

迂回経路への切替は分散して行われるため、切替が正常に終了したかどうかを確認することが困難である。しかし ITU-T G.709においては、光チャネルのパストレースのためのバイトが設けられており、これを利用することができる。すなわち、障害の後、切替が行われた場合には、パストレースのミスマッチが一度検出された後、再び正常に戻ることにより、切替が正常に行われたと判断できる。また一定時間後、ミスマッチが回復しなければ切替は失敗したと判断し、別の復旧処理に移行することも可能となる。

## 2. 6 迂回経路設計

単一リンク障害や單一ノード障害を仮定した場合、同時に障害とならないパスどうしは予備リソースの共有が可能であり、最適に予備経路を設計することにより効率的なネットワークの使用が可能となる。

また迂回経路は、障害端で作るよりもパス端で作る方が自由度が高く、リソースの使用効率がよいと考えられる。しかし、長距離のパスに対してパス端で迂回経路を設定した場合、障害復旧メッセージの転送に時間がかかり、50msでの復旧といった要求を満たすことができない場合もある。そのため、いくつかの区間に分割して迂回経路を設定する必要がある。また、單一ノード障害にも対応するためには、図xのように迂回経路の区間が重なるように設定する必要がある。

このような迂回経路で、各リンクの障害に対して迂回経路を決めた場合、单一リンク障害に対してはうまく動作するが、ノード障害の場合にはうまく動作しない場合がある。例えば図3において、L3障害に対してL6-L8に切替、L4の障害に対してL9-L11に切替えると設定していたとする。このと

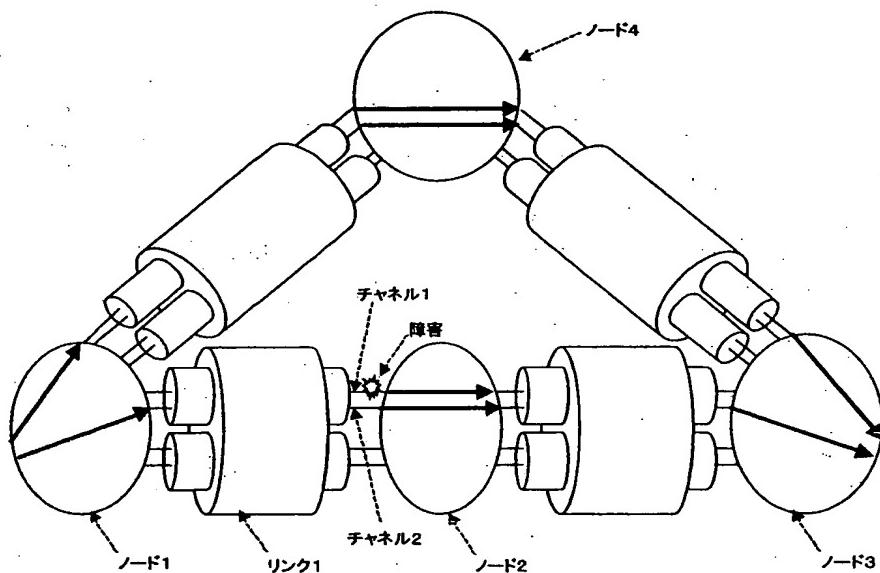


図2 ネットワーク例

き、N4 障害時には L3 と L4 で障害が検出され、図 x のように切替えられ、正常に復旧しない。

こうした問題に対応するため、フラッディングにより収集された複数の障害情報をもとにノード障害を判定して切替える方法も考えられるが、切り戻しの発生やフラッディングによって収集される情報の時間差の問題もある。より簡単な対処方法として、障害検出点に対応して片方向ずつ迂回路を設定する方法が考えられる。例えば図 4において、障害検出 1 に対して N6→N1 方向の切替を行い、障害検出 2 に対して N1→N6 の切替を行うことにより正常な復旧が可能となる。

### 3. シミュレーション結果

本障害復旧方式の性能をシミュレーションにより検証した。パラメータは、光クロスコネクト装置のプロトタイプで測定した値を採用し、メッセージの受信処理時間を 1ms、メッセージ 1 つあたりの送信処理時間を 1ms とした。また、クロスコネクト処理時間は、クロスコネクト数に依存しない固定時間  $T_a$  とクロスコネクト数に依存する時間  $T_b$  によ

り、クロスコネクト数が  $N$  のとき、計  $T_a+T_b \times N$  とした。

シミュレーションに用いたネットワークトポジは、 $5 \times 5$  の 25 ノードの格子型ネットワークとした。各リンクの距離を 10km とし、各ノード間に 10 本の双方向パスを張っている。ノード 1 とノード 2 間のリンク障害を想定し、このとき 200 双方向パスが影響を受け、1 ノードでクロスコネクトを行う数の最大値は、片方向で 400 となる。

図 5 は、 $T_a$  を 1ms とし、 $T_b$  を変化させた場合の結果である。50ms 以内に復旧するためには、 $T_b$  が  $100 \mu s$  程度である必要がある。しかし、現状の光スイッチデバイスではスイッチ切替えに数 ms かかる事より、シリアルにクロスコネクトを行う方式で実現するのはかなり困難であると考えられる。

図 6 は、 $T_b$  を 0 とし、 $T_a$  を変化させた場合の結果である。これは例えばルーティングテーブルの転送による一括切替のような場合を想定している。このとき、 $T_a$  が 5ms 程度ならば、50ms の復旧が可能となる。

どちらの場合もフラッディングの終了までにか

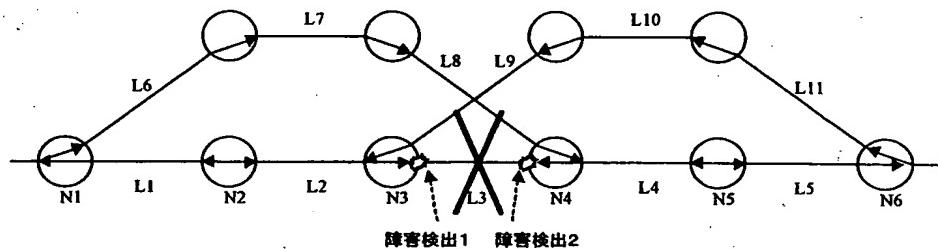


図 3 障害復旧例 (N4 障害時)

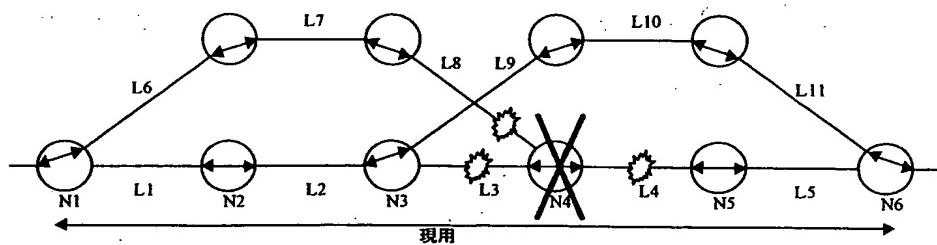


図 4 障害復旧例 (L3 障害時)

なりの時間がかかっている。しかし予備経路の設計時において、フラッディング等の時間を考慮して迂回経路を短くすることにより、フラッディング時間は小さくすることは可能である。ただし制限を設けることにより、リソースの使用効率は多少悪くなると考えられる。

#### 4. まとめ

事前に迂回経路を設定し、障害時にフラッディングにより通知することを特徴とする障害復旧方式を提案し、シミュレーション結果により高速な復旧が可能であることを示した。今後、フラッディング時間を考慮した上で、効率的な予備リソース共有を可能とする網設計アルゴリズムの開発を行う。

#### 参考文献

- [1] D. Y. Al-Salameh et al., "Optical Networking", Bell Labs Technical Journal, Vol. 3, No. 1, Jan.-March, 1998, pp. 39-61.
- [2] Y. Fujii et. al., "Management of WDM self-healing networks", ICC'99, June, 1999.
- [3] ITU-T Draft Recommendation G.709\_v0.8.3 (2000-10-09), "Network Node Interface for the Optical Transport Network (OTN)".

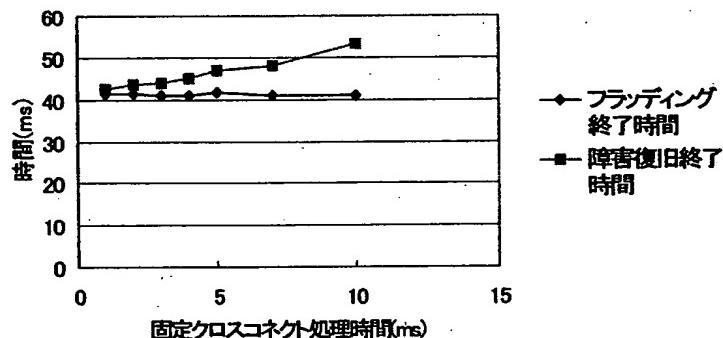


図 5 故障復旧結果 ( $T_a=1$ )

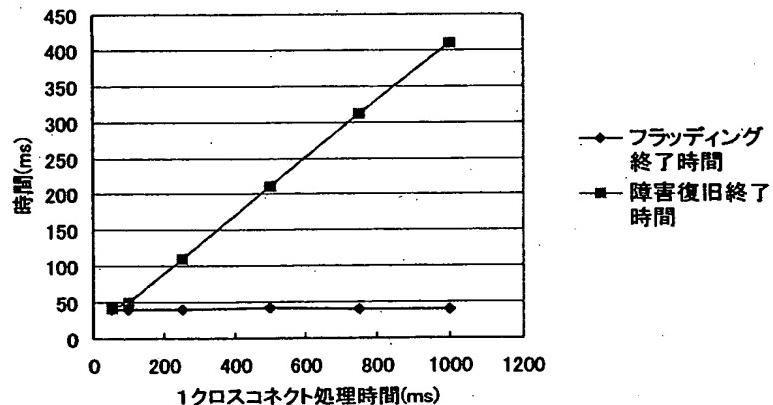


図 6 故障復旧結果 ( $T_b=0$ )